

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2970590

(45) 発行日 平成11年(1999)11月2日

(24) 登録日 平成11年(

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

P I

H 0 1 L 43/08

H 0 1 L 43/08

Z

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

H 0 1 P 10/08

H 0 1 F 10/08

請求項の数15(

(21) 出願番号 特願平9-123797

(22) 出願日 平成9年(1997)5月14日

(65) 公開番号 特開平10-313138

(43) 公開日 平成10年(1998)11月24日

審査請求日 平成9年(1997)5月14日

(73) 特許権者 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番14

(72) 発明者 林 一彦

東京都港区芝五丁目7番14

株式会社内

(74) 代理人 弁理士 高橋 勇

審査官 市川 篤

(56) 参考文献 特開 平7-262529 (J I

特開 平8-17631 (J P

特開 平9-50611 (J P

(58) 調査した分野(Int.Cl.⁸, D B名)

H01L 43/08

G11B 5/39

H01F 10/08

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子並びにこれを用いた磁気抵抗効果センサ、磁気抵抗検出システム及システム

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁性層、非磁性層、磁性層及び反強磁性層がこの順又はこの逆の順に積層され、更にこれらの上に保護層を有する磁気抵抗効果素子において、前記磁性層は N、Fe、Co、Fe又はN、Fe、Coか

2

からなることを特徴とする磁気抵抗効果

【請求項2】 前記保護層の金属は、T、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mn、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Ir、Pt及びAuからなる群から選択

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開

特開平10-

(43) 公開日 平成10年(

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	P I	
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z
G 1 1 B 5/39		G 1 1 B 5/39	
H 0 1 F 10/08		H 0 1 F 10/08	

審査請求 有		請求項の数15	OL
--------	--	---------	----

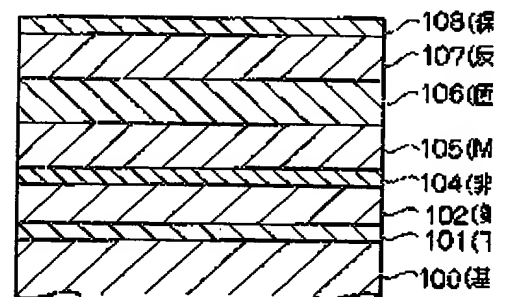
(21) 出願番号	特願平9-123797	(71) 出願人	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22) 出願日	平成9年(1997)5月14日	(72) 発明者	林 一彦 東京都港区芝五丁目7番1号 株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 高橋 勇

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子並びにこれを用いた磁気抵抗効果センサ、磁気抵抗検出システム及システム

(57) 【要約】

【課題】 磁気抵抗効果素子として、並びにこれを用いた磁気抵抗効果センサ、磁気抵抗検出システム及び磁気記憶システムとして、出力値、出力波形、及びビットエラーレートにおいて良好な特性を得るとともに、熱的な信頼性においても良好な特性を得る。

【解決手段】 本発明の磁気抵抗効果素子は、基体100上に、下地層101、NiFe層102、非磁性層104、固定磁性層106、反強磁性層107及び保護層108が順次形成されたものである。そして、保護層1



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁性層、非磁性層、磁性層及び反強磁性層がこの順又はこの逆の順に積層され、更にこれらの上に保護層を有する磁気抵抗効果素子において、前記保護層は、2 nm以上かつ7 nm以下の膜厚の金属からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 前記保護層の金属は、Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt及びAuからなる群から選択された単体又は二以上の合金である、請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 磁性層、非磁性層、磁性層及び反強磁性層がこの順又はこの逆の順に積層され、更にこれらの上に保護層を有する磁気抵抗効果素子において、前記保護層は、2 nm以上かつ7 nm以下の膜厚の酸化物からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 磁性層、非磁性層、磁性層及び反強磁性層がこの順又はこの逆の順に積層され、更にこれらの上に保護層を有する磁気抵抗効果素子において、前記保護層は、2 nm以上かつ7 nm以下の膜厚の窒化物からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 磁性層、非磁性層、磁性層及び反強磁性層がこの順又はこの逆の順に積層され、更にこれらの上に保護層を有する磁気抵抗効果素子において、前記保護層は、2 nm以上かつ7 nm以下の膜厚の、酸化物と窒化物との複合物からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 磁性層、非磁性層、磁性層及び反強磁性層がこの順又はこの逆の順に積層され、更にこれらの上に保護層を有する磁気抵抗効果素子において、前記保護層は、2 nm以上かつ7 nm以下の膜厚であり、なおかつ前記反強磁性層又は磁性層と接する側に設けられた金属と、この金属上に設けられた酸化物との二層からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項7】 磁性層、非磁性層、磁性層及び反強磁性層がこの順又はこの逆の順に積層され、更にこれらの上に保護層を有する磁気抵抗効果素子において、前記保護層は、2 nm以上かつ7 nm以下の膜厚であり、なおかつ前記反強磁性層又は磁性層と接する側に設け

(2)

特開平10-

2

【請求項9】 前記保護層の酸化物は、Ti又はTaの酸化物である、請求項3記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項10】 前記保護層の窒化物は、Ti又はTaの窒化物である、請求項4記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項11】 前記保護層の金属は、r、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ag、Co、Zn、Ru、Re、Au、Nb、V及びYからなる群から選択された1以上の合金である、請求項6、7又は8記載の素子。

【請求項12】 基板上に下シールド層及び磁気抵抗効果素子が順次積層されて：上シールド層はパターン化されており、前記素子はパターン化されておりその端部に接イアス層及び下電極層が順次積層されて：磁気抵抗効果素子の上上に上シールド層が順次積層されているシー、抗効果センサにおいて前記磁気抵抗効果素子1、2、3、4、5、6、7、8、9、記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴効果センサ。

【請求項13】 基板上に下シールド層及び磁気抵抗効果素子が順次積層されて：上シールド層はパターン化されており、前記素子はパターン化されておりその上部に縦バイアス層及び下電極層が順次積層されて：下電極層及び前記磁気抵抗効果素子の上及び上シールド層が順次積層されている磁気抵抗効果センサにおいて前記磁気抵抗効果素子1、2、3、4、5、6、7、8、9、記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴抗効果センサ。

【請求項14】 請求項12又は13記載の素子と、この磁気抵抗効果センサを駆動する手段と、前記磁気抵抗効果センサによる磁界の関数としての抵抗率変化を検出した磁気抵抗検出システム。

【請求項15】 データ記録のための構

3

[0002]

【0003】さらに最近には、積層磁気センサの抵抗変化が、非磁性層を介する磁性層間での電導電子のスピン依存性伝送、及びそれに付随する層界面でのスピン依存性散乱に帰される、より顕著な磁気抵抗効果が報告されている。この磁気抵抗効果は、「巨大磁気抵抗効果」や「スピン・バルブ効果」など様々な名称で呼ばれている。このような磁気抵抗センサは、適当な材料でできており、AMR効果を利用するセンサで観察されるよりも、感度が改善され、抵抗変化が大きい。この種のMRセンサでは、非磁性層で分離された1対の強磁性体層の間の平面内抵抗が、2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化する。

(3)

【0007】特開平7-262529号：
磁性層／非磁性層／第2磁性層／反強磁
するスピナル構造であって、特に第1及
CoZrNb、CoZrMo、FeSi、
、NiFe又はこれにCr、Mn、P
u、Ag、Al、Ti、Fe、Co、Z
料を用いた磁気抵抗効果素子が開示され

【0008】基板上に非磁性層を介して磁性薄膜からなり、非磁性薄膜を介して軟磁性薄膜に反強磁性薄膜が隣接して設けられた反強磁性薄膜のバイアス磁界を H_r 、他の保磁力を H_c2 としたときに、 H_c2 と磁気抵抗効果膜において、前記反強磁性体：O、FeO、Fe₂O₃、MnO、Cr₂O₃、Cr₂O₃又はこれらの混合物からなることを特徴とする抗効果膜が特開平7-202292号公報に開示されている。また、前述の磁気抵抗効果膜において、磁性体がNiO、Ni_{1-x}Co_x、O = {x = 0}、CoOから選ばれる少なくとも2種からなる超格子である磁気抵抗効果膜が、特願平6-214及び特願平6-269524号公報に開示された。前述の磁気抵抗効果膜において、前記NiO、Ni_{1-x}Co_x、O = {x = 0}、CoOから選ばれる少なくとも2種からなり、この超格子中のNiのCoに対する割合以上であることを特徴とする磁気抵抗効果膜が特開平7-11354号公報に開示されている。前述の磁気抵抗効果膜において、前記反強磁性にCoOを10から40オングストローム膜であることを特徴とする磁気抵抗効果膜が特開平7-136670号公報に開示されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】従来技術は、磁性層／非磁性層／磁性層／反強磁性層、磁性層／磁性層／非磁性層／磁性層／と

5

に200℃以上の温度での熱処理が必要になるので、実ヘッドに加工した段階での磁気抵抗効果膜の酸化が起っていた。

【0010】また、保護層として金属を用いた場合、膜厚が厚いときは、金属の有する導電性のために、磁気抵抗変化に寄与しない保護層に多くのセンス電流が流れてしまい、結果としてセンサーの出力が低下するという問題があった。また、膜厚が薄いときは、金属層を通して磁気抵抗効果部にまで酸化が到達することにより、保護層としての役目を果たさなくなってしまう。

【0011】本発明の目的は、磁気抵抗効果素子の最上層に適切な保護層を設けることにより、記録再生ヘッド製造時の加熱工程における磁気抵抗効果素子の酸化を防ぎ、十分な抵抗変化率、反強磁性層から固定磁性層へ印加される十分大きな交換結合磁界、及びフリー磁性層の十分小さな保磁力を確保した上で、信頼性に優れる、磁気抵抗効果素子並びにこれを用いた磁気抵抗効果センサ、磁気抵抗検出システム及び磁気記憶システムを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】／磁性層／非磁性層／磁性層／反強磁性層／、又は／反強磁性層／磁性層／非磁性層／磁性層／のユニットからなる多層膜を形成させた基本構成をもつ磁気抵抗効果素子において、磁気抵抗効果素子上に形成される保護層に、2nm以上7nm以下の膜厚の、金属、酸化物、窒化物、炭化物と窒化物の混合物、金属／酸化物の二層膜、金属／窒化物の二層膜、又は金属／（酸化物と窒化物との混合物）の二層膜を用いる。

【0013】金属を保護層に用いた場合は保護層は導電性となるので、保護層膜厚が厚い場合はセンス電流のうち保護層に分流する割合が増える。保護層を流れる電流は磁気抵抗変化には寄与しないので、素子としての磁気抵抗変化率が減少し、ヘッドの出力が減少する。保護層の膜厚が薄い場合は、保護層を流れる電流はそれ程多くないので、保護層への分流による出力減少は少ない。その反面、膜厚が薄いと、保護層として磁気抵抗素子を酸化から保護する効果が弱くなる。したがって、金属保護層の膜厚には最適な領域が存在する。

【0014】酸化物や窒化物は、一般に導電的に非導電

(4)

特開平10-

6

性層／非磁性層／磁性層／のユニットを界面において原子レベルでの、馴染み方に高温プロセス後にわずかな特性の劣化がある。この場合は、上記ユニットと酸化物の間に上記ユニットと酸化物又は窒化物レベルでの馴染みの良い金属を挿入する。高温プロセス後においてもより良い特性を得る。

【0016】以上により、磁気抵抗効果素子にこれを用いた磁気抵抗効果センサ、システム及び磁気記憶システムとして、出力、及びビットエラーレートにおいて良れるとともに、熱的な信頼性においても、ることができるのである。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明を適用した磁気抵抗効果センサとしては、図1及び図2のものを用いることができる。

【0018】図1の磁気抵抗効果センサに下シールド層2、下ギャップ層3、磁気抵抗効果素子6を積層させる。その上にギャップ規定層7を積層させることもある。下シールド層2はオートレジスト（PR）工程によりパターン化され、磁気抵抗効果素子6はPR工程によりパターン化されており、その上に縦バイアス層4及び下電極層5が順次積層されている。

【0019】図2の磁気抵抗効果センサに下シールド層12、下ギャップ層13、磁気抵抗効果素子16を積層させる。下シールド層12はPR工程によりパターン化され、磁気抵抗効果素子16はPR工程によりパターン化されており、その上部に縦バイアス層14及び下電極層15が順次積層されている。その上に上ギャップ層18及び上シールド層19が順次積層されている。

【0020】図1及び図2のタイプの磁気抵抗効果素子としては、NiFe、CoZr、CoFe、CoZrNb、CoZr、CoZr

7

ては、CoCrPt、CoCr、CoPt、CoCrTa、FeMn、NiMn、IrMn、PtPdMn、ReMn、PtMn、CrMn、Ni酸化物、鉄酸化物、Ni酸化物とCo酸化物の混合物、Ni酸化物とFe酸化物の混合物、Ni酸化物/Co酸化物二層膜、Ni酸化物/Fe酸化物二層膜等を用いることができる。ギャップ規定絶縁層としては、アルミナ、SiO₂、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライクカーボン等が適用可能であり、0.005～0.05μm範囲での使用が望ましい。上ギャップ層は、アルミナ、SiO₂、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライクカーボン等が適用可能であり、0.01～0.20μm範囲での使用が望ましい。上シールド層には、NiFe、CoZr、又はCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料等を用いることができ、その膜厚は0.3～10μmの範囲で適用可能である。

【0021】これらのシールド型の磁気抵抗効果センサは、インダクティブコイルによる書き込みヘッド部を形成することにより、記録再生一体型ヘッドとして用いることができるようになる。図3は記録再生ヘッドの概念図である。記録再生ヘッドは、本発明の磁気抵抗効果センサを用いた再生ヘッドと、インダクティブ型の記録ヘッドとからなる。ここでは長手磁気記録用の記録ヘッドとの搭載例を示したが、本発明の磁気抵抗効果素子を垂直磁気記録用ヘッドと組み合わせ、垂直記録に用いてもよい。

【0022】記録再生ヘッドは、基体50上に下部シールド膜82、磁気抵抗効果素子45及び電極40、上部シールド膜81からなる再生ヘッドと、下部磁性膜84、コイル41、上部磁性膜84からなる記録ヘッドとを形成してなる。この際、上部シールド膜81と下部磁性膜84とを共通にしてもかまわない。この記録再生ヘッドにより、記録媒体上に信号を書き込み、また、記録媒体から信号を読み取るのである。再生ヘッドの感知部分と、記録ヘッドの磁気ギャップはこのように同一スライダに重ねた位置に形成することで、同一トラックに

(5)

特開平10-

8

に記録された磁気的信号を、その漏れ磁気ことのできる位置に設定されるのである。

【0024】図5乃至図12は本発明に係る素子の膜構成の概念図である。図5の素子は、基体100上に、下地層101、第1フリー磁性層102、非磁性層104、MRエンハンス層106、反強磁性層107及び保護層108を順次積層した構造である。図6の磁気抵抗効果素子は、基体100上に、下地層101、第1フリー磁性層102、第2フリー磁性層103、非磁性層105、固定磁性層107及び保護層108を順次積層した構造である。図7の磁気抵抗効果素子は、基体100上に、下地層101、第1フリー磁性層102、非磁性層106、反強磁性層107及び保護層108を順次積層した構造である。図8の磁気抵抗効果素子は、基体100上に、下地層101、第1フリー磁性層102、非磁性層106、反強磁性層107及び保護層108を順次積層した構造である。図9の磁気抵抗効果素子は、基体100上に、下地層101、反強磁性層106、MRエンハンス層105、非磁性層104、第1フリー磁性層102及び保護層108を順次積層した構造である。図10の磁気抵抗効果素子は、基体100上に、下地層101、反強磁性層107、固定磁性層106、非磁性層104、第1フリー磁性層102及び保護層108を順次積層した構造である。図11の磁気抵抗効果素子は、基体100上に、下地層101、反強磁性層107、固定磁性層106、非磁性層104、第1フリー磁性層102及び保護層108を順次積層した構造である。図12の磁気抵抗効果素子は、基体100上に、下地層101、反強磁性層107、固定磁性層106、非磁性層104、第1フリー磁性層102及び保護層108を順次積層した構造である。

【0025】下地層としては、2層以上には、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Re、Au、Os、Pd、Nb、V、

9

る。非磁性層としてはCu、Cuに1~20at%程度のAgを添加した材料、Cuに1~20at%程度のReを添加した材料、Cu-Au合金を用いることができる。膜厚は2~4nmが望ましい。MRエンハンス層としてはCo、NiFeCo、FeCo等、又はCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金又はアモルファス磁性材料を用いる。膜厚は0.5~5nm程度が望ましい。MRエンハンス層を用いない場合は、用いた場合に比べて若干MR比が低下するが、用いない分だけ作製に要する工程数は低減する。固定磁性層としては、Co、Ni、Feをベースにするグループからなる単体、合金、又は積層膜を用いる。膜厚は1~50nm程度が望ましい。反強磁性層としては、FeMn、NiMn、IrMn、PtPdMn、ReMn、PtMn、CrMn、Ni酸化物、Fe酸化物、Ni酸化物とCo酸化物の混合物、Ni酸化物とFe酸化物の混合物、Ni酸化物/Co酸化物二層膜、Ni酸化物/Fe酸化物二層膜などを用いることができる。

【0026】保護層としては、金属、酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物、金属/酸化物の二層膜、金属/窒化物の二層膜、又は金属/(酸化物と窒化物との混合物)の二層膜を用いる。一層のみの金属としては、Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt及びAuからなる群から選ばれた単体又は二以上の合金が好ましい。酸化物及び窒化物としては、Si、Al、Ti又はTaの酸化物及び窒化物が好ましい。二層膜における金属としては、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Re、Au、Os、Pd、Nb、V及びYからなる群から選ばれた単体又は二以上の合金が好ましい。

【0027】

【実施例】本発明の磁気抵抗効果素子と比較するために、図5の構成の磁気抵抗効果素子において、保護層を用いない場合の諸特性を調べた。

【0028】基体100に厚さ1.1mmのコーニング

(6)

特開平10-

10

交換結合磁界が印加されるので、成膜後にいない。その結果、フリー磁性層の保e、反強磁性層から固定磁性層へ印加さ界Hex520Oe、MR比5.2%が磁気抵抗効果素子に対し、270℃、5l行った。その結果、Hexは520Oeに低下し、またMR比は5.2%から2.た。MR比の低下はCu層と磁性層とのニールにより変化したことも関係していが、Hexの低下はFeMn層の酸化にる。

【0029】基体100に厚さ1.1mm7059ガラス基板、下地層101に3. a、第1フリー磁性層102に8.0nm、₁₆(at%)、非磁性層104に2.8Rエンハンス層105に0.4nmのC₁₆(at%)、固定磁性層106に2.6nm₁₆(at%)、反強磁性層107に種々の反強磁性層から固定磁性層に交換結合力うにするために、成膜後に3×10⁴において、図13に示すそれぞれの温度処理を施した。その結果得られた諸特性す。諸特性を、前述のFeMnを反強磁台の熱処理前の特性と比較すると、フりはそれ程変わらないものの、MR比及びっていることがわかる。MR比が低いi性層との界面の状態が熱処理により変化していると考えられるが、Hexの低下i酸化によるものと思われる。

【0030】次に、本発明の磁気抵抗効について述べる。

【0031】図5の構成の磁気抵抗効果素子基体100に厚さ1.1mmのコーニング基板、下地層101に3.0nmのT磁性層102に8.0nmのNi₈₁Fe₁₉、非磁性層104に2.8nmのCu、M105に0.4nmのCo₈₆Fe₁₄(a性層106に2.6nmのNi₈₁Fe₁₉強磁性層107に20nmのNi₈₆Mn₁₄層108には図14乃至図16に示す種

11

おおむね急激に低下し、MR比という観点から保護層の膜厚は7 nm以下が適当であることがわかる。Hexは保護層膜厚の上昇にともない単調に増加した。保護層膜厚が2 nm以上で比較的高い値が得られており、Hexという観点からは2 nm以上が適当であることがわかる。フリー磁性層のHc、MR比及びHexのいずれもが良好な保護層の膜厚範囲は、2 nm以上かつ7 nm以下であることが理解される。

【0032】図5の構成の磁気抵抗効果素子において、基体100に厚さ1.1 mmのコーニング7059ガラス基板、下地層101に3.0 nmのTa、第1フリー磁性層102に8.0 nmのNi₈₁Fe₁₉ (at%)、非磁性層104に2.8 nmのCu、MRエンハンス層105に4.0 nmのCo₉₀Fe₁₀ (at%)、固定磁性層106に2.6 nmのNi₈₁Fe₁₉ (at%)、反強磁性層107に20 nmのNi₁₆Mn₈₄を用い、保護層108には図17に示す種々の材料(膜厚は50 nm)を用いた。反強磁性層から固定磁性層に交換結合磁界が印加されるようにするために、成膜後に 2×10^{-6} Torrの真空中において、270℃、5時間の熱処理を施した。このときの諸特性を図17に示す。

【0033】図5の構成の磁気抵抗効果素子において、基体100に厚さ1.1 mmのコーニング7059ガラス基板、下地層101に3.0 nmのTa、第1フリー磁性層102に8.0 nmのNi₈₁Fe₁₉ (at%)、非磁性層104に2.8 nmのCu、MRエンハンス層105に0.4 nmのCo₉₀Fe₁₀ (at%)、固定磁性層106に2.6 nmのNi₈₁Fe₁₉ (at%)、反強磁性層107に20 nmのNi₁₆Mn₈₄を用い、保護層108には図18に示す各金属保護層(3 nm)とAl酸化物保護層(50 nm)との積層二層膜を用いた。金属保護層がNiMn層と接するように用いてある。反強磁性層から固定磁性層に交換結合磁界が印加されるようにするために、成膜後に 2×10^{-6} Torrの真空中において、270℃、5時間の熱処理を施した。このときの諸特性を図18に示す。保護層がAl酸化物単層の場合と比較して、フリー磁性層Hc及びMR比はほとんど変化が無いが、Hexはほとんどの材料において大きくなった。

【0034】図5の構成の磁気抵抗効果素子において、

(7)

特開平10-

12

層から固定磁性層に交換結合磁界が印加するために、成膜後に 2×10^{-6} Torrで、270℃、5時間の熱処理を施した。特性を図19に示す。

【0035】図5の構成の磁気抵抗効果素子において、基体100に厚さ1.1 mmのコーニングス基板、下地層101に3.0 nmのT磁性層102に8.0 nmのNi₈₁Fe₁₉、非磁性層104に2.8 nmのCu、M105に0.4 nmのCo₉₀Fe₁₀ (a性層106に2.6 nmのNi₈₁Fe₁₉、強磁性層107に20 nmのNi₁₆Mn₈₄、層108にはTa保護層(3 nm)とAl(X nm)との積層二層膜を用いた。T Mn層と接するように用いてある。反強磁性層に交換結合磁界が印加されるように成膜後に 2×10^{-6} Torrの真空中に:℃、5時間の熱処理を施した。Al酸化)ときの諸特性を図20に示す。フリー磁)酸化物層の膜厚によらずほぼ一定であ)びHexは、膜厚の上昇にともない増大nm以上で一定になった。

【0036】図5の構成の磁気抵抗効果素子において、基体100に厚さ1.1 mmのコーニングス基板、下地層101に3.0 nmのT磁性層102に8.0 nmのNi₈₁Fe₁₉、非磁性層104に2.8 nmのCu、M105に0.4 nmのCo₉₀Fe₁₀ (a性層106に2.6 nmのNi₈₁Fe₁₉、強磁性層107に20 nmのNi₁₆Mn₈₄、層108にはTa保護層(X nm)とAl(50 nm)との積層二層膜を用いた。Mn層と接するように用いてある。反)定磁性層に交換結合磁界が印加されるよ)に、成膜後に 2×10^{-6} Torrの真空)70℃、5時間の熱処理を施した。Ta)ときの諸特性を図21に示す。フリー磁)a層の膜厚によらずほぼ一定であった。)膜厚が5.0 nmまではほぼ一定であるが、トでは減少する傾向を示した。これは

13

層107に種々の材料を用いた。保護層108にはTa保護層(3nm)と非金属保護層(50nm)との積層二層膜を用いた。Ta保護層がNiMn層等(反強磁性層)と接するように用いてある。反強磁性層から固定磁性層に交換結合力が印加されるようにするために、成膜後に 3×10^{-6} torrの真空中において、図22に示すそれぞれの温度で、5時間の熱処理を施した。その結果得られた諸特性を図22に示す。いずれの反強磁性層の場合にも、保護層を用いなかった場合と比較してHexが改善されていることがわかる。フリー磁性層のHc及びMR比は保護層がない場合と比較して優位な変化は見られなかった。

【0038】図5乃至図12の構成の磁気抵抗効果素子において、基体100に厚さ1.1mmのコーニング7059ガラス基板、下地層に3.0nmのTa、第1フリー磁性層102に8.0nmの $\text{Ni}_{50}\text{Fe}_{50}$ (at%)、第2フリー磁性層103に1.0nmの $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ (at%)、非磁性層104に2.8nmのCu、MRエンハンス層105に0.4nmの $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ (at%)、固定磁性層106に2.6nmの $\text{Ni}_{50}\text{Fe}_{50}$ (at%)、反強磁性層107に20nmの $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{50}$ (at%)を用い、保護層108にはTa保護層(3nm)と非金属保護層(50nm)との積層二層膜を用いた。Ta保護層が保護膜を除く磁気抵抗効果膜の最上層(図5～8の構成ではNiMn層、図9～12の構成ではNiFe層)と接するように用いてある。反強磁性層から固定磁性層に交換結合力が印加されるようにするために、成膜後に 3×10^{-6} torrの真空中において、270℃、5時間の熱処理を施した。その結果得られた諸特性を図23に示す。いずれの構成の場合も十分大きなHexが確保されている。

【0039】次に、これらの磁気抵抗効果素子をシールド型の磁気抵抗効果センサに適用した例を示す。

【0040】本発明に係る磁気抵抗効果素子を用いて図1の磁気抵抗効果センサを製造した。このとき、下シールド層としてはNiFe、下ギャップ層としてはアルミナを用いた。磁気抵抗効果素子としてはTa(3nm)/ $\text{Ni}_{50}\text{Fe}_{50}$ (7nm)/ $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ (1.0nm)/Cu(2.5nm)/ $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ (1nm)/ $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{50}$ (20nm)/保護層をPRT線により

(8)

特開平10-

14

記録マーク長を変えて再生出力を測定し、図24乃至図26に示す。なお、図24に示す試作番号と保護層との対応は図27に示す。

【0041】次に、本発明に係る磁気抵抗効果素子を用いて図2の磁気抵抗効果センサを製造し、下シールド層としてはFeTaN、下ギャップ層としてはアモルファスカarbon、磁気抵抗効果素子の構成を用いた。磁気抵抗効果素子は $\text{m}/\text{Ni}_{50}\text{Fe}_{50}$ (7nm)/ $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ (1.0nm)/Cu(2.5nm)/ $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ (1nm)/ $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{50}$ (20nm)/保護層を $1 \times 1 \mu\text{m}$ の大きさに加工して用いた。効果素子に一部重なるようにCoCrP層を積層した。上ギャップ層としてはアルド層としてはNiFeを用いた。このセンサを図3のような記録再生一体型ヘッド加工し、CoCrTa系の磁気抵抗効果素子を記録再生した。この際、書き込みトラック幅は0.2 μm 、読み込みギャップは1.0 μm とした。磁気記録媒体の保磁力は2.5、記録マーク長を変えて再生出力を測定し、図28乃至図30に示す。なお、図28に示す試作番号と保護層との対応は図27に示す。

【0042】次に本発明を適用して作製した装置の説明をする。磁気ディスク装置3枚の磁気ディスクを備え、ベース裏面回路及び信号処理回路と入出力インターフェースを備えている。外部とは32ビットのバスラインを有する。磁気ディスクの両面には6個のヘッドを駆動するためのロータリタとその駆動及び制御回路、ディスク回転検出モータが搭載されている。ディスク径は10mmであり、データ面は直径10mmから使用する。埋め込みサーボ方式を用いて、高密度化が可能である。本装置はパーソナルコンピュータの外部記憶装置として直接接続する。入出力インターフェイスには、キャ

15

界、及びフリー磁性層の十分小さな保磁力を確保した上で信頼性に優れる、磁気抵抗効果素子、磁気抵抗効果センサ、磁気抵抗検出システム、及び磁気記憶システムを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る磁気抵抗効果素子を用いた磁気抵抗効果センサの構成を示す概念図である。

【図 2】本発明に係る磁気抵抗効果素子を用いた磁気抵抗効果センサの構成を示す概念図である。

【図 3】本発明に係る磁気抵抗効果素子を用いた記録再生ヘッドを示す概念図である。

【図 4】本発明に係る磁気抵抗効果素子を用いた磁気記録再生装置の概念図である。

【図 5】本発明に係る磁気抵抗効果素子を示す断面図である。

【図 6】本発明に係る磁気抵抗効果素子を示す断面図である。

【図 7】本発明に係る磁気抵抗効果素子を示す断面図である。

【図 8】本発明に係る磁気抵抗効果素子を示す断面図である。

【図 9】本発明に係る磁気抵抗効果素子を示す断面図である。

【図 10】本発明に係る磁気抵抗効果素子を示す断面図である。

【図 11】本発明に係る磁気抵抗効果素子を示す断面図である。

【図 12】本発明に係る磁気抵抗効果素子を示す断面図である。

【図 13】従来の磁気抵抗効果素子における、反強磁性層の種類に対する諸特性を示す図表である。

【図 14】本発明に係る磁気抵抗効果素子における、保護層の種類に対する諸特性を示す図表である。

【図 15】本発明に係る磁気抵抗効果素子における、保護層の種類に対する諸特性を示す図表である。

【図 16】本発明に係る磁気抵抗効果素子における、保護層の種類に対する諸特性を示す図表である。

【図 17】本発明に係る磁気抵抗効果素子における、保護層の種類に対する諸特性を示す図表である。

【図 18】本発明に係る磁気抵抗効果素子における、保

(9)

特開平 10 -

16

強磁性層の種類に対する諸特性を示す図

【図 23】本発明に係る磁気抵抗効果素子 5 乃至図 12 の構成に対する諸特性を示

【図 24】図 1 の磁気抵抗効果センサに：抗効果素子の種類にに対する諸特性を示

【図 25】図 1 の磁気抵抗効果センサに：抗効果素子の種類にに対する諸特性を示

【図 26】図 1 の磁気抵抗効果センサに：抗効果素子の種類にに対する諸特性を示

【図 27】図 24 乃至図 26 及び図 28：ける、試作番号と保護層との対応を示す

【図 28】図 2 の磁気抵抗効果センサに：抗効果素子の種類にに対する諸特性を示

【図 29】図 2 の磁気抵抗効果センサに：抗効果素子の種類にに対する諸特性を示

【図 30】図 2 の磁気抵抗効果センサに：抗効果素子の種類にに対する諸特性を示

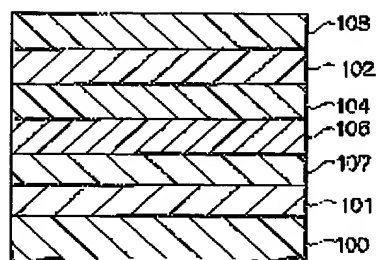
【符号の説明】

- 1、11 基板
- 2、12 下シールド層
- 3、13 下ギャップ層
- 4、14 縦バイアス層
- 5、15 下電極層
- 6、16 磁気抵抗効果素子
- 7 ギャップ規定絶縁層
- 8、18 上ギャップ層
- 9、19 上シールド層
- 40 電極膜
- 41 コイル
- 42 磁気抵抗効果素子幅
- 44 記録トラック幅
- 45 磁気抵抗効果素子
- 50 基板
- 64 媒体からの漏れ磁界
- 81 固定磁性層磁化
- 82 フリー磁性層磁化
- 83 ABS 面
- 90 ヘッドスライダー
- 91 磁気記録媒体
- 100 基体

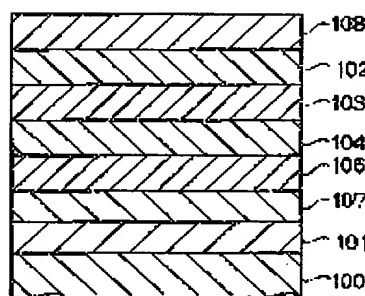
(11)

特開平10-

【図11】



【図12】



【図13】

金属化合物 種類および 厚さ (nm)	外延性 温度 (°C)	フリー層 厚さ (nm)	MR比 (%)
Ni/Mn 20	270	1.0	3.1
Ni/MnCr 20	270	1.2	3.6
Pt/Mn 15	250	0.9	3.6
Fe/Mn 17	230	0.8	4.2
Pt/FeMn 20	230	0.7	4.6
Ni/Mn 15	230	0.7	4.1

【図17】

金属化合物 種類	フリー層 厚さ (nm)	MR比 (%)	Hex (Oe)
Si化合物	1.0	3.0	580
Si化合物	1.0	2.9	580
Al化合物	0.9	3.1	520
Al化合物	0.9	3.1	540
Ti化合物	0.9	3.0	650
Ti化合物	0.9	2.9	540
Si化合物とAl化合物との 混合物	1.0	3.2	520
Si化合物とAl化合物との 混合物	0.9	3.1	530
Si化合物とSi化合物と Al化合物とAl化合物との 混合物	0.9	3.2	510

【図18】

金属化合物の 種類	フリー層 厚さ (nm)	MR比 (%)	Hex (Oe)
Ti	1.0	3.0	680
Hf	0.9	3.2	650
Zr	0.9	3.1	590
W	1.0	3.2	620
Cr	1.1	3.0	600
Ti	0.8	2.9	640
Mo	0.9	3.0	570
Pt	1.0	3.1	560
Ni	1.0	3.1	510
Ir	0.9	3.0	610
Cu	0.9	3.0	620
Ag	1.1	3.2	590
Co	1.0	3.0	520
Zn	1.2	3.1	520
Ru	0.9	3.0	690
Rh	0.9	2.9	630

【図20】

(12)

特開平 1 0 -

【図 1 4】

膜厚 (nm) →	1. 0	2. 0	3. 0	5. 0	7. 0	10. 0
材料 ↓						
Ti	0.9	0.9	1.0	0.8	1.0	0.9
	2.8	2.8	2.7	2.6	2.5	1.9
	310	450	510	540	570	600
V	1.0	1.1	0.9	0.9	1.0	1.1
	2.9	2.9	2.7	2.6	2.4	1.8
	300	460	510	520	570	590
Cr	1.1	1.0	0.9	0.8	1.0	1.0
	2.8	2.8	2.6	2.5	2.5	1.7
	290	440	500	530	530	600
Co	1.1	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0
	2.7	2.7	2.6	2.5	2.4	1.9
	270	460	520	560	570	610
Cu	0.9	0.8	1.0	0.9	0.9	1.0
	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	1.6
	280	450	490	510	550	590
Zn	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9
	2.9	2.7	2.7	2.6	2.3	1.9
	300	420	490	550	580	600
Y	0.8	0.9	0.8	1.0	0.9	0.9
	3.1	3.0	3.0	2.7	2.6	1.8
	270	430	500	530	570	590

(13)

待開平 1 〇 -

【図 15】

膜厚 (nm) →	1. 0	2. 0	3. 0	5. 0	7. 0	10. 0
材料 l						
Nb	0.8	1.0	0.9	0.9	1.0	1.1
	3.1	2.9	2.7	2.8	2.3	1.5
	260	440	500	510	580	590
Mo	1.0	1.0	0.9	1.0	0.9	1.0
	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	1.8
	270	430	510	520	540	570
Tc	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	0.9
	3.0	2.8	2.7	2.6	2.4	1.7
	260	450	520	550	570	600
Ru	1.0	1.0	1.1	0.9	1.0	0.8
	2.9	2.9	2.8	2.7	2.5	1.7
	260	430	480	550	570	590
Rh	0.9	1.1	0.9	1.0	1.0	0.9
	2.8	2.7	2.7	2.5	2.5	1.6
	280	460	510	550	580	610
Pd	1.0	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9
	3.1	3.0	2.7	2.7	2.5	1.9
	270	440	480	520	530	550
Ag	0.9	0.9	1.0	1.1	0.9	1.0
	3.0	2.8	2.7	2.6	2.4	1.6
	290	450	480	510	540	570

(14)

特開平 1 0 -

【図 16】

膜厚 (nm) →	1. 0	2. 0	3. 0	5. 0	7. 0	10. 0
材料						
Ta	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0
	2.9	2.9	2.8	2.7	2.6	1.8
	270	440	490	530	560	600
W	1.1	1.1	0.9	1.0	1.0	1.0
	3.0	2.8	2.8	2.6	2.6	1.9
	290	450	500	530	550	580
Re	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9
	2.8	2.8	2.7	2.6	2.4	1.5
	270	280	360	440	510	550
Cs	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9	1.0
	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	1.7
	260	430	520	540	550	560
Ir	0.9	0.8	0.9	1.0	0.9	0.9
	3.0	3.0	2.8	2.7	2.6	1.8
	270	440	490	530	560	610
Pt	0.9	1.0	0.9	0.9	1.1	0.9
	3.0	3.1	2.8	2.7	2.5	1.6
	310	510	560	570	590	610
Au	1.1	1.0	0.9	1.0	1.1	1.1
	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6	1.8
	300	490	550	570	610	600

(15)

特開平10-

【図19】

ホセ局異性体の 種類	フリー層 Hc (Oe)	MR比 (%)	Hex (Oe)
Si置換物	0.9	3.1	590
Si置換物	1.0	3.2	600
Al置換物	1.0	3.0	620
Al置換物	0.9	3.1	590
Ti置換物	0.9	3.2	620
Ti置換物	0.8	3.1	610
Si置換物とAl置換物との 混合物	1.0	3.2	600
Si置換物とAl置換物との 混合物	0.9	3.0	630
Si置換物とSi置換物と Al置換物とAl置換物との 混合物	0.9	3.1	640

【図21】

Ta置換物 (nm)	フリー層 Hc (Oe)	MR比 (%)	Hex (Oe)
0	0.9	3.0	590
0.4	1.0	3.1	600
1.0	0.9	3.2	610
2.0	0.9	3.0	620
3.0	0.9	3.1	630
5.0	1.0	3.0	640
7.0	0.9	2.9	650
10.0	0.9	2.8	660

【図22】

反応性基 置換基 置換基 (nm)	反応性 基 (nm)	フリー層 Hc (Oe)	MR比 (%)	Hex (Oe)
NiNi 20	270	0.9	3.3	590
NiMnCr 20	270	1.0	2.9	620
PtMn 18	250	0.9	3.9	610
IrMn 238	238	0.9	4.4	590

【図23】

置換基	フリー層 Hc (Oe)	MR比 (%)	Hex (Oe)
図1の構造	0.9	3.1	590
図2の構造	1.8	5.8	660
図3の構造	0.9	2.2	610
図4の構造	2.0	4.2	630
図5の構造	1.2	2.0	670

(15)

特開平10-

【図24】

試作番号 (注)	001	002	003	004	005
再生出力が半減するマーク長 (明渡波) (kFCi)	154	152	153	154	153
再生出力 (peak to peak) (mV)	1.6	1.7	1.6	1.7	1.7
ノイズ	無し	無し	無し	無し	無し
波形対称性	良好	良好	良好	良好	良好
S/N (dB)	27.0	27.1	27.3	27.4	27.2
エラーレート	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下
80℃, 5000e, 2500時間 環流試験後のエラーレートの変化	なし	なし	なし	なし	なし
電流密度 $2 \times 10^7 \text{ A/cm}^2$, 腐蝕温度80℃の通電試験, 1000時間まで抵抗値, および 抵抗変化率の変化	なし	なし	なし	なし	なし

(17)

特開平10-

【図25】

試作番号 (注)	006	007	008	009	010
再生出力が半減するマーク長 (周波数) (kFCI)	166	154	155	154	156
再生出力 (peak to peak) (mV)	1.7	1.6	1.7	1.3	1.4
ノイズ	無し	無し	無し	無し	無し
波形対称性	良好	良好	良好	良好	良好
S/N (dB)	27.2	27.1	27.2	26.3	26.4
エラーレート	10^{-8} 以下	10^{-8} 以下	10^{-8} 以下	10^{-8} 以下	10^{-8} 以下
80℃, 5000e, 2500時間 環境試験後のエラーレートの変化	なし	なし	なし	なし	なし
電流密度 $2 \times 10^7 \text{ A/cm}^2$, 恒電圧80℃の通電試験, 1000時間まで抵抗値, および 抵抗変化率の変化	なし	なし	なし	なし	なし

(18)

待開平 1 0 -

【図26】

試作番号 (注)	011	012	013	014	015
再生出力が半減するマーク長 (周波数) (kFCI)	157	155	164	155	166
再生出力 (peak to peak) (mV)	1.3	1.4	1.5	1.3	1.4
ノイズ	無し	無し	無し	無し	無し
波形対称性	良好	良好	良好	良好	良好
S/N (dB)	26.5	26.1	26.3	26.2	26.3
エラーレート	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下
80℃, 6000e, 2500時間 環境試験後のエラーレートの変化	なし	なし	なし	なし	なし
電流密度 $2 \times 10^7 \text{ A/cm}^2$, 環境温度 80℃ の通電試験 1000時間まで抵抗値 および 抵抗変化率の変化	なし	なし	なし	なし	なし

(19)

特開平10-

【図27】

試作番号	第1保護層	第2保護層
	(Ni/Mnと接している側)	
001	Ta (3nm)	Al酸化物 (50nm)
002	Cu (2nm)	Al酸化物 (50nm)
003	Ta (3nm)	Al酸化物とSi酸化物の混合物 (50nm)
004	Ta (3nm)	Si酸化物 (50nm)
005	Hf (3nm)	Al酸化物 (50nm)
006	Zr (3nm)	Al酸化物 (50nm)
007	W (5nm)	Al酸化物 (50nm)
008	Y (3nm)	Al酸化物 (50nm)
009	なし	Al酸化物 (50nm)
010	なし	Si酸化物 (50nm)
011	なし	Ta (3nm)
012	なし	Zr (3nm)
013	なし	Hf (3nm)
014	なし	Au (3nm)
015	なし	Pt (3nm)

(20)

特開平10-

【図28】

試作番号 (注)	001	002	003	004	005
再生能力が半減するマーク長 (同波数) (kFCI)	156	154	154	152	163
再生出力 (peak to peak) (mV)	1.7	1.6	1.5	1.6	1.5
ノイズ	無し	無し	無し	無し	無し
波形対称性	良好	良好	良好	良好	良好
S/N (dB)	26.8	26.9	26.8	26.7	26.9
エラーレート	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下
80℃、5000e、2500時間 照射試験後のエラーレートの変化	なし	なし	なし	なし	なし
電流密度 $2 \times 10^3 \text{ A/cm}^2$ 、 照射温度 80℃の通電試験、 1000時間まで抵抗値、および 抵抗変化率の変化	なし	なし	なし	なし	なし

(21)

特開平10-

【図29】

試作番号 (注)	006	007	008	009	010
再生出力が半減するマーク長 (周波数) (k F C I)	154	156	157	155	157
再生出力 (peak to peak) (mV)	1.6	1.7	1.6	1.2	1.1
ノイズ	無し	無し	無し	無し	無し
波形対称性	良好	良好	良好	良好	良好
S/N (dB)	26.9	26.9	27.0	26.4	26.2
エラーレート	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下
80℃, 5000e, 2600時間 遊走試験後のエラーレートの変化	なし	なし	なし	なし	なし
電流密度 $2 \times 10^7 \text{ A/cm}^2$, 環境温度80℃の通電試験, 1000時間まで抵抗値, および 抵抗変化率の変化	なし	なし	なし	なし	なし

(22)

待開平10-

【図30】

試作番号 (注)	011	012	013	014	015
再生出力が半減するマーク長 (周波数) (kPC1)	157	155	152	157	153
再生出力 (peak to peak) (mV)	1.2	1.3	1.4	1.3	1.3
ノイズ	無し	無し	無し	無し	無し
波形対称性	良好	良好	良好	良好	良好
S/N (dB)	26.5	26.3	26.4	26.2	26.3
エラーレート	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下	10^{-6} 以下
80℃, 5000e-, 2500時間 環境試験後のエラーレートの変化	なし	なし	なし	なし	なし
電流密度 $2 \times 10^2 \text{ A/cm}^2$, 環境温度80℃の通電試験, 1000時間まで抵抗値, および 抵抗変化率の変化	なし	なし	なし	なし	なし